

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
28 juillet 2005 (28.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/069093 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G05D 1/06

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : SALMON, Philippe [FR/FR]; THALES Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR). MEUNIER, Hugues [FR/FR]; THALES Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international :

8 décembre 2004 (08.12.2004)

(74) Mandataires : ESSELIN, Sophie etc.; THALES Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

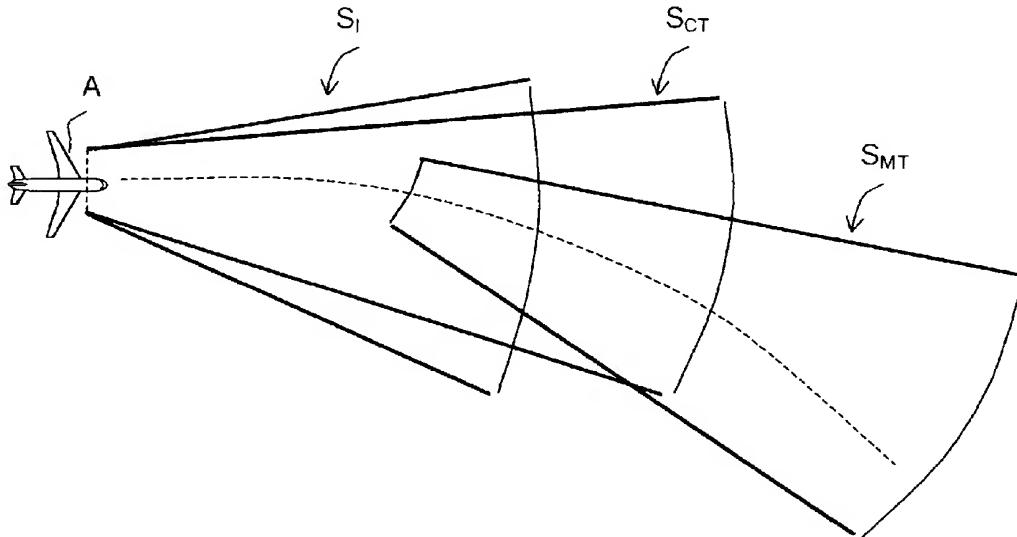
03/15022 19 décembre 2003 (19.12.2003) FR

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ADVANCE WARNING TERRAIN ANTI-COLLISION DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF AVANCE D'ANTI-COLLISION TERRAIN



(57) **Abstract:** The invention concerns on-board terrain anti-collision systems for aircraft. Collisions with terrain when the aircraft is perfectly controlled have been and will continue to be one of the primary causes of air disasters. A number of generations of devices that warn of the risk of colliding with terrain have been developed over the last thirty plus years. The most advanced of these systems comprise alarm means that are different according to the maneuver to be executed by the pilot. It is understood that it is vital that the recommended maneuver guarantees the safety of the aircraft as best as possible. The invention provides a device comprising the calculation of a number of a number of surfaces or different safety profiles. Their comparisons with the topographical data of the environmental terrain makes it possible to deduce the best alarm and the best maneuver to be executed for avoiding a collision between the aircraft and the ground.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/069093 A1



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** Le domaine de l'invention est celui des systèmes embarqués d'anticollision terrain pour aéronefs. Les collisions avec le terrain alors que l'aéronef est parfaitement contrôlé ont été et demeurent toujours une des principales causes des catastrophes aériennes. Plusieurs générations de dispositifs d'avertissement de risque de collision avec le terrain ont été développés depuis maintenant une trentaine d'années. Les plus avancés de ces systèmes comportent des moyens d'alarme différents selon la manœuvre à effectuer par le pilote. Il est bien entendu vital que la manœuvre recommandée garantisson au mieux la sécurité de l'aéronef. Le dispositif selon l'invention propose un dispositif comportant le calcul de plusieurs surfaces ou profils de sécurité différentes. Leurs comparaisons avec les données topographiques du terrain environnant permettent d'en déduire la meilleure alarme et la meilleure manœuvre à effectuer pour éviter la collision entre l'aéronef et le sol.

DISPOSITIF AVANCE D'ANTI-COLLISION TERRAIN

Le domaine de l'invention est celui des systèmes embarqués d'anticollision terrain pour aéronefs.

5 Les collisions avec le terrain alors que l'aéronef est parfaitement contrôlé encore appelées « CFIT », acronyme anglo-saxon pour « Controlled Flight Into Terrain » signifiant « Collision avec le terrain en vol contrôlé » ont été et demeurent toujours une des principales causes des catastrophes aériennes. Développés il y a une trentaine d'années, les systèmes dits 10 « GPWS » acronyme anglo-saxon pour « Ground Proximity Warning System » signifiant « Système d'avertissement de proximité de terrain » ont permis une réduction significative du nombre d'accidents. Ils sont basés sur l'utilisation de radio-sondes qui permettent de déterminer de façon instantanée la position de l'aéronef par rapport au sol. Ces systèmes 15 rudimentaires et non prédictifs n'ont cependant pas permis d'éliminer complètement les accidents de ce type.

Plus récemment, les systèmes de type « GCAS » acronyme anglo-saxon pour « Ground Collision Avoidance System » signifiant « Système d'évitement de collision avec le terrain » sont apparus. Ces 20 systèmes reposent sur l'utilisation de systèmes de prédition de trajectoires potentielles de l'appareil et de la détermination de collisions possibles entre ces trajectoires et le terrain. Le pilote peut ainsi anticiper une collision future et réagir en conséquence.

Plus récemment encore, les systèmes d'anticollision avec le 25 terrain ont pris le terme générique de « TAWS » acronyme anglo-saxon pour « Terrain Awareness Warning System » signifiant « Système d'avertissement de présence du terrain » et recouvrent l'ensemble des systèmes possédant une fonction de prédition des collisions potentielles avec le terrain. Ces systèmes sont définis par une norme aéronautique internationale, la 30 TSO C151A, et remplissent en plus des fonctions GPWS habituelles, les fonctions additionnelles d'alerte prédictive de risques de collision avec le relief et/ou des obstacles au sol dite « FLTA », acronyme anglo-saxon

signifiant « predictive Forward-Looking Terrain collision Awareness and alerting » et de descente prématuée dite « PDA », acronyme anglo-saxon signifiant «Premature Descent Alerting». Ces fonctions FLTA et PDA consistent à avertir l'équipage par des pré-alertes ou des alertes opportunes 5 chaque fois qu'en vol contrôlé, une situation de risque de collision avec le terrain se présente, en particulier lorsque la trajectoire prévisible à court terme de l'aéronef rencontre le relief et/ou un obstacle au sol, afin qu'une manœuvre d'évitement soit engagée. Le pilote peut ainsi éviter le « CFIT » par une manœuvre d'évitement appropriée. La manœuvre de base est dite 10 de « pull-up » signifiant évitement vertical.

Ces fonctions peuvent selon l'implémentation être regroupées en un seul mode dit « CPA », acronyme anglo-saxon pour « Collision Prediction and Alerting » signifiant mode de « prédition et d'alerte ».

15 La première génération de systèmes « TAWS » assure les fonctions de prédictions de trajectoires potentielles, de détermination de risque de collision avec le terrain, d'affichage cartographique du terrain comportant l'indication du risque de collision et d'alertes sonores en cas de risque de collision. Certains systèmes de seconde génération des systèmes 20 « TAWS » permettent non seulement la prédition du risque de collision avec le terrain, mais encore alertent le pilote sur la faisabilité de la manœuvre de dégagement à effectuer pour anticiper ce risque de collision. Cela est rendu possible par l'utilisation en temps réel des capacités de vitesse ascensionnelle de l'aéronef.

25

D'une façon plus précise, le mode « CPA » est basé sur une comparaison entre une surface encore appelée profil de sécurité notée S ou en terminologie anglo-saxonne « clearance sensor » et la surface ou le profil de terrain situé sous ladite surface ou ledit profil de sécurité, ladite 30 comparaison prenant en compte une marge de sécurité. Le profil de terrain est issu d'une représentation topographique extraite d'une base de données de terrain et/ou d'obstacles, embarquée à bord de l'aéronef et est corrélé avec la position de l'aéronef grâce aux senseurs de position de l'aéronef.

La surface ou le profil de sécurité S sont représentés schématiquement sur les deux coupes de la figure 1 qui représentent une vue latérale et une vue de dessus de ladite surface ou dudit profil.

L'intersection de ladite surface S avec un plan vertical contenant

5 l'aéronef A forme une trajectoire dite trajectoire prédictive T_P . Sur la figure 1, l'origine O de cette trajectoire prédictive est prise sous l'aéronef, à sa verticale et avec une marge verticale de sécurité MV dont la valeur est déterminée en fonction de différents paramètres tels que, par exemple, la phase de vol, la vitesse verticale de l'aéronef, la distance à l'aéroport le plus proche ou de
10 destination. Dans une première variante de calcul du « clearance sensor », la marge de sécurité est de façon équivalente associée au profil ou à la surface de terrain. Dans ce cas, l'origine O de la trajectoire est prise au niveau de l'aéronef, l'origine du terrain sous l'aéronef étant cette fois rehaussée d'une marge verticale de sécurité MV. On peut, bien entendu, combiner dans une
15 seconde variante, les deux modes de calcul du « clearance sensor », c'est-à-dire prendre l'origine O de la trajectoire sous l'aéronef avec une première marge et « remonter » le terrain d'une seconde marge, la somme de ces deux marges étant égale à la marge de sécurité MV.

Cette origine O déterminée, la trajectoire prédictive T_P comporte
20 deux parties principales comme il est indiqué sur la vue latérale de la figure 1 où la trajectoire prédictive figure en traits pleins:

- une première partie correspondant à un premier temps de vol T_1 , fonction d'une prédition de la trajectoire en cours calculée à partir de l'origine O ;
- une seconde partie correspondant à un second temps de vol T_2 succédant au premier temps de vol T_1 , fonction d'une prédition d'une trajectoire d'évitement vertical. La première partie est calculée à partir de paramètres de vol comprenant la vitesse et les angles de roulis de l'aéronef.

30 Généralement, le temps de vol T_1 est au moins égal au temps de réponse nécessaire pour initialiser une manœuvre d'évitement vertical.

La seconde partie est encore appelée « SVRMB » acronyme anglo-saxon pour « Standard Vertical Recovery Maneuver Boundary » signifiant limite de manœuvre d'évitement vertical standard. Elle modélise
35 une limite inférieure de la trajectoire d'évitement vertical standard censée

permettre d'éviter la collision avec le terrain. La manœuvre comprend, pour le pilote, les opérations successives suivantes :

- Réduire l'angle de roulis jusqu'à la stabilisation horizontale de l'aéronef. A titre d'exemple, la vitesse est de 15 degrés par seconde ;
- Cabrer l'aéronef sous un facteur de charge compatible des performances de l'aéronef. A titre d'exemple, le facteur de charge est de 0.5 g ;
- Maintenir l'angle de cabrage de l'aéronef soit avec une pente standard égale à un certain pourcentage de la pente maximale possible de l'aéronef, par exemple égal à 90 pour cent, soit avec une pente égale à la pente de l'aéronef lorsque celle-ci est déjà supérieure à ladite pente standard. La durée typique T_2 de cette phase est de l'ordre de 112 secondes. Cette durée peut être modulée en fonction de la proximité de l'aéroport pour certaines zones montagneuses ou pour d'autres considérations de vol.

La trajectoire future T_F de l'aéronef en cas de manœuvre d'évitement vertical est figurée en traits pointillés sur la vue latérale de cette figure.

La surface ou le profil de sécurité sont limités latéralement par une limite gauche T_G et une limite droite T_D comme on le voit sur la vue de dessus de la figure 1 où ces limites figurent en traits pleins. Ces limites correspondent à des trajectoires prédictes limites de l'aéronef pendant une durée de vol correspondant à la somme des premier et second temps de vol T_1 et T_2 , lesdites limites étant définies essentiellement par une marge latérale ML prenant son origine au point O et au moins un angle d'ouverture latéral gauche θ_G et au moins un angle d'ouverture latéral droit θ_D , la gauche et la droite étant définies par rapport au sens de la trajectoire de l'aéronef.

Les limites du terrain situé sous l'aéronef utilisé pour la comparaison avec la surface ou le profil de sécurité sont obtenues par la projection verticale des limites gauche et droite de la surface de sécurité sur le terrain situé sous l'aéronef.

La marge latérale ML prise dans un plan horizontal passant par l'origine O vaut typiquement 100 mètres de part et d'autre de l'aéronef. Les

angles d'ouverture peuvent varier en fonction de la courbure prévisionnelle de la trajectoire future de l'appareil dans un plan horizontal. Ladite trajectoire est représentée en traits pointillés sur la figure 1. Du côté convexe de la courbure, l'angle d'ouverture latéral vaut typiquement quelques degrés. Il est 5 limité à une valeur de 90 degrés. Du côté opposé, il vaut typiquement 1.5 degrés. Sur la figure 1, l'aéronef vire à droite. Par conséquent, l'angle d'ouverture latéral droit θ_D vaut plusieurs degrés et l'angle d'ouverture latéral gauche θ_G vaut 1.5 degrés. De cette façon, la surface située entre ces deux limites couvre toute la zone susceptible d'être survolée par l'aéronef pendant 10 une durée de vol égale à la somme du premier temps de vol T_1 et du second temps de vol T_2 .

Actuellement, le mode « CPA » calcule deux surfaces ou profils de sécurité, la première surface S_{MT} est appelée Surface ou Profil de sécurité à moyen terme ou encore en terminologie anglo-saxonne « Medium Term 15 Clearance Sensor » et la seconde S_{CT} est appelée Surface ou Profil de sécurité à court terme ou encore en terminologie anglo-saxonne « Short Term Clearance Sensor ». Ces surfaces sont représentées en figure 2.

La surface ou le profil de sécurité à court terme sont calculés comme indiqué aux paragraphes précédents.

20 La surface ou le profil de sécurité à moyen terme comprennent deux parties. La première partie peut être déterminée de façon similaire à la première partie de la surface de sécurité ou du profil à court terme . La seconde partie correspond à une seconde surface ou un second profil de sécurité pouvant être bâti selon des principes de calcul similaires à ceux de 25 la surface ou du profil de sécurité à court terme mais en prenant l'origine O' de ladite seconde surface non plus au niveau de l'aéronef A mais sur la trajectoire prédictive en avant de l'aéronef. Typiquement, le premier temps de vol T_1 de la trajectoire prédictive de la surface ou du profil de sécurité à moyen terme a une durée d'environ 20 secondes, le premier temps de vol de la 30 trajectoire prédictive de la surface ou du profil de sécurité à court terme a une durée d'environ 8 secondes. Ces valeurs de 20 secondes et de 8 secondes peuvent être modulées en fonction de considérations telles que la hauteur de l'aéronef au dessus du sol, la vitesse-air de l'aéronef, sa vitesse verticale, la proximité d'un aéroport,...

La surface ou le profil de sécurité à moyen terme S_{MT} est dédiée, en relation avec la surface ou le profil du terrain, correspondant à la détection avancée de risque de collision avec le terrain G comme indiqué sur la figure 3. Le risque de collision est figuré par une étoile blanche. En cas de risque de collision, une pré-alarme est émise sous forme sonore et/ou visuelle. Dans ce cas, le terrain potentiellement dangereux est figuré typiquement en jaune uni sur les visualisations de la planche de bord. Le pilote peut alors évaluer la situation et rectifier ou non sa trajectoire en cours.

La surface ou le profil de sécurité à court terme S_{CT} est dédiée, en relation avec la surface ou le profil du terrain correspondant, à la détection de risque de collision imminente avec le terrain G comme indiqué sur la figure 4. En cas de risque de collision, une alarme est émise sous forme sonore et/ou visuelle. Cette alarme est dans le cas général une alarme dite d'évitement vertical encore appelée en terminologie anglo-saxonne « pull-up ». Dans ce cas, le terrain dangereux est figuré typiquement en rouge uni sur les visualisations de la planche de bord. Le pilote doit impérativement amorcer une manœuvre d'évitement vertical.

Néanmoins, dans certains cas, l'alarme associée à un évitement vertical est remplacée par une alarme dite d'évitement transversal encore appelée en terminologie anglo-saxonne « avoid terrain ». Ces cas surviennent quand une trajectoire d'évitement vertical ne permettrait pas d'éviter la collision avec le terrain, typiquement lors de la mise en virage ou d'arrêt de virage dans des zones montagneuses. L'évitement transversal ne doit pas, dans ces cas particuliers, se limiter à une simple manœuvre d'évitement vertical mais aussi intégrer une composante transversale afin d'éviter la collision, le taux de manœuvre pouvant être fourni par le système TAWS. Dans ce cas, le terrain dangereux est typiquement représenté par des bandes alternativement rouges et noires sur les visualisations de la planche de bord. Le pilote doit impérativement amorcer une manœuvre d'évitement transversal.

Cette alarme « avoid terrain » est déclenchée dans certaines situations spécifiques détaillées ci-dessous :

- Lorsque la surface ou le profil du terrain situé dans la surface ou le profil de sécurité dépasse localement en un ou plusieurs points ou en une ou plusieurs sections de façon très

importante le niveau de ladite surface ou dudit profil de sécurité. Dans ce cas, une manœuvre d'évitement vertical peut se révéler insuffisante pour éliminer tout risque de collision. Cette situation peut se produire lorsque l'appareil A est à une hauteur significativement plus faible que le terrain environnant, par exemple, lorsque l'appareil est en phase d'approche d'aéroports P situés en zone montagneuse comme à Calvi, à Chambéry, à Katmandou, à Innsbruck, ... Ce cas est présenté sur les vues latérales et de dessus de la figure 5 où la trajectoire future T_F de l'aéronef A figure en traits pleins et la surface ou le profil de sécurité S en pointillés.

5

- Lorsqu'une très large portion de la surface ou du profil du terrain entre dans le profil ou la surface de sécurité. Dans ce cas également, il n'est pas sûr qu'une manœuvre d'évitement vertical permette de conserver une marge de sécurité verticale suffisante permettant d'éviter la collision. Cette situation est figurée en figure 6.
- Lorsque l'aéronef A change rapidement de trajectoire, soit en augmentant la courbure de sa trajectoire comme indiqué en figure 7, soit en la diminuant comme indiqué en figure 8. Sur les vues de ces deux figures, on a indiqué la position et la trajectoire future T_F de l'aéronef A aux instants T et $T+\Delta T$. A l'instant T, la trajectoire future symbolisée par une flèche ne laissait pas présager de collision avec le terrain G. A l'instant $T+\Delta T$, un changement de trajectoire entraîne un risque de collision rapprochée.
- Lorsque le pilote n'a pas réagi suffisamment vite à une alarme d'évitement vertical.

10

15

20

25

30

La manœuvre d'évitement transversal consiste soit à réaliser une manœuvre d'évitement vertical accompagnée d'un virage avec un rayon de braquage approprié, soit encore à une correction de la dernière action de pilotage effectuée par le pilote pour obtenir la correction de trajectoire nécessaire.

35 Un des points délicats de la gestion des systèmes « TAWS » est de déterminer précisément les situations dans lesquelles l'alarme

d'évitement transversal dit « avoid terrain » doit être déclenchée, la simple comparaison entre les surfaces ou les profils de sécurité à moyen et court terme et les surfaces ou profils de terrain pouvant dans les situations spécifiques évoquées plus haut se révéler insuffisante.

5 En effet avec une telle comparaison, la hauteur de dépassement du terrain au-dessus de la surface de sécurité n'est pas établie.

10 L'invention propose de considérer en plus des surfaces ou profils de sécurité usuellement calculés une surface ou un profil appelés surface ou profil de sécurité immédiate ou encore en terminologie anglo-saxonne « Immediate Clearance Sensor » permettant de discerner avec une plus grande exactitude le type d'alarme et de manœuvre à effectuer. Une telle invention permet de fournir des alarmes appropriées à la situation et donc de diminuer ainsi de façon sensible le risque de collision avec le terrain.

15

Plus précisément, l'invention a pour objet un dispositif embarqué d'anticollision terrain pour aéronef comprenant au moins :

20

- Une mémoire comportant des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
- Des moyens de traitement d'informations comportant :
 - Une entrée pour recevoir des paramètres de vol ;
 - Des premiers moyens de prédiction de trajectoire pour établir à partir desdits paramètres de vol au moins un premier profil ou une première surface de sécurité correspondant à une première trajectoire prédictive ;
 - Des premiers moyens de calcul topographique pour établir à partir desdits paramètres de vol au moins un premier profil ou une première surface topographique constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
 - Des premiers moyens de comparaison pour établir au moins une première comparaison entre ledit premier profil ou ladite première surface de sécurité et un premier profil ou une première surface topographique pour

25

30

déterminer au moins un premier risque de collision de l'aéronef avec le sol ;

- Des moyens d'alarmes reliés aux dits moyens de traitement pour établir au moins un premier état dit de première alarme en fonction des résultats de la première comparaison,

5 caractérisé en ce que :

- les moyens de traitement d'informations comportent également :
 - Des seconds moyens de prédiction de trajectoire pour établir à partir des paramètres de vol un deuxième profil ou une deuxième surface de sécurité correspondant à une deuxième trajectoire prédictive ;
 - Des seconds moyens de calcul pour établir à partir des paramètres de vol un deuxième profil ou une deuxième surface topographique constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
 - Des seconds moyens de comparaison pour établir une seconde comparaison entre ledit deuxième profil ou ladite deuxième surface de sécurité et le deuxième profil ou la deuxième surface topographique pour déterminer un deuxième risque de collision de l'aéronef avec le sol ;
- les moyens d'alarmes peuvent établir un deuxième état dit de seconde alarme en fonction des résultats de la deuxième comparaison, ledit second état différent du premier état d'alarme.

20 Avantageusement, le dispositif comprend également :

- Des moyens de traitement d'informations comportant :
 - Des troisièmes moyens de prédiction de trajectoire pour établir au moins à partir des paramètres de vol un troisième profil ou une troisième surface de sécurité correspondant à une troisième trajectoire prédictive ;
 - Des troisièmes moyens de calcul topographique pour établir au moins à partir desdits paramètres de vol un troisième profil ou une troisième surface topographique

constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;

- Des troisièmes moyens de comparaison pour établir au moins une troisième comparaison entre ledit troisième profil ou ladite troisième surface de sécurité et un troisième profil ou une troisième surface topographique pour déterminer au moins un troisième risque de collision de l'aéronef avec le sol ;
- Des moyens d'alarmes reliés aux dits moyens de traitement pour établir au moins un état dit de pré-alarme en fonction des résultats de la troisième comparaison.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- La figure 1 représente une vue latérale et une vue de dessus de la surface de sécurité selon l'art antérieur ;
- la figure 2 représente une vue de dessus d'une surface de sécurité définie à court terme et d'une surface de sécurité définie à moyen terme ;
- la figure 3 représente la comparaison entre la surface de sécurité à moyen terme et la surface du terrain ;
- la figure 4 représente la comparaison entre la surface de sécurité à court terme et la surface du terrain ;
- la figure 5 représente une première situation déclenchant une alarme et une manœuvre d'évitement transversal ;
- la figure 6 représente une seconde situation déclenchant une alarme et une manœuvre d'évitement transversal ;
- la figure 7 représente une troisième situation déclenchant une alarme et une manœuvre d'évitement transversal ;
- la figure 8 représente une quatrième situation déclenchant une alarme et une manœuvre d'évitement transversal ;
- la figure 9 représente la surface de sécurité à moyen terme, la surface de sécurité à court terme et la surface de sécurité immédiate selon l'invention.

Le dispositif embarqué d'anticollision terrain comporte donc un mode « CPA » générant au moins :

- une surface ou un profil de sécurité à moyen terme S_{MT} encore appelée « Medium Term Clearance Sensor »
- et/ou une surface ou un profil de sécurité à court terme S_{CT} encore appelée « Short Term Clearance Sensor »
- et une surface ou un profil de sécurité dite immédiate S_I selon l'invention encore appelée « Immediate Clearance Sensor »

10

La surface ou profil de sécurité à moyen terme S_{MT} est dédiée à la détection d'une potentielle collision avec le terrain à moyen terme. En cas de risque de collision, une pré-alarme est émise de façon que le pilote prenne connaissance du risque et puisse anticiper ce danger.

15

La surface de sécurité à court terme S_{CT} est dédiée à la détection d'une potentielle collision avec le terrain à court terme. En cas de risque de collision, une première alarme est émise indiquant au pilote qu'il doit amorcer sans délai une manœuvre d'évitement verticale dite de « pull-up ».

20

La surface ou profil de sécurité dite immédiate S_I est dédiée à la détection d'une potentielle collision avec le terrain à très court terme, collision qui ne peut être évitée par une simple manœuvre d'évitement vertical. En cas de risque de collision, une seconde alarme est émise d'évitement transversal dite de « avoid terrain », notamment différente de l'alarme dite de « pull-up ». Dans la majorité des cas, le pilote doit alors amorcer ou une manœuvre d'évitement transversal ou une annulation de la correction de trajectoire ayant conduit à cette situation.

25

Le calcul de cette surface ou profil de sécurité immédiate permet de discriminer les situations où une manœuvre de « pull-up » est suffisante pour éviter la collision des situations où une manœuvre de « avoid terrain » est impérative pour éviter la collision, cette discrimination n'étant assurée ni par les systèmes « TAWS » de première génération, ni de façon pleinement satisfaisante par les systèmes « TAWS » de seconde génération.

30

Par conséquent, la première alarme est du type alarme d'évitement vertical et la seconde alarme est du type alarme d'évitement transversal, l'alarme d'évitement vertical correspondant pour le pilote à une

35

mancœuvre d'évitement vertical et l'alarme d'évitement transversal correspondant pour le pilote à une manœuvre d'évitement transversal.

Les surfaces ou profils de sécurité à moyen terme, à court terme et immédiate sont définis comme précédemment en fonction d'une trajectoire 5 prédite bornée par deux limites latérales. Chacune des trajectoires prédites comprend deux parties :

- une première partie correspondant à un premier temps de vol, fonction d'une prédiction de la trajectoire en cours calculée en à partir d'une origine O prise au niveau de l'aéronef ;
- 10 • une seconde partie correspondant à un second temps de vol T_1 succédant au premier temps de vol, fonction d'une prédiction d'une trajectoire d'évitement vertical.

Les paramètres définissant la première partie ou la seconde partie de la trajectoire prédite de la surface de sécurité immédiate peuvent être 15 sensiblement différents des paramètres définissant les autres surfaces de sécurité. En particulier, la marge verticale de sécurité peut avoir une valeur différente, en général plus faible que les marges verticales utilisées avec les surfaces de type « Short Term Clearance Sensor » et « Medium Term Clearance Sensor ».

20 Le premier temps de vol pour la surfaces ou profils de sécurité à moyen terme a une durée d'environ 20 secondes, le premier temps de vol pour la surface ou profil de sécurité à court terme a une durée d'environ 8 secondes et le premier temps de vol pour la surface ou profil de sécurité immédiate a une durée faible, typiquement inférieure à 3 secondes.

25 La première, la seconde et la troisième surface ou profils de sécurité sont bornées latéralement par une limite gauche et une limite droite, lesdites limites étant définies essentiellement par une marge latérale et au moins un angle d'ouverture latéral gauche et au moins un angle d'ouverture latéral droit.

30 Les paramètres définissant la surface ou profil de sécurité immédiate S_I dite « Immediate Clearance Sensor » selon l'invention peuvent être voisins ou identiques de ceux définissant la surface ou profil de sécurité à moyen terme et à court terme. Pour optimiser l'efficacité de ladite surface ou dudit profil de sécurité immédiate, les marges latérales ou les angles 35 d'ouverture latéraux droit et gauche des limites de ladite surface ou profil de

sécurité immédiate peuvent être également sensiblement différents des marges latérales ou des angles d'ouverture latéraux droit et gauche des limites des autres surfaces prédictes. Pour améliorer l'efficacité du système selon l'invention, au moins un des premiers moyens de comparaison ou des 5 seconds moyens de comparaison peuvent avantageusement comporter un indicateur de criticité du risque de collision avec le terrain. Ledit indicateur de criticité peut dépendre de la surface ou du profil de terrain située au dessus d'une des surfaces ou profil de sécurité. Il peut également dépendre de la surface de terrain et de la hauteur de terrain situées au dessus d'une des 10 surfaces de sécurité.

Les alarmes sont de type sonore ou visuelle. Elles peuvent être indiquées dans ce dernier cas sur les visualisations de planche de bord de l'aéronef.

Avantageusement, les moyens de traitement d'informations 15 peuvent comporter des moyens de gestion d'alarme en fonction de l'évolution des risques de collision avec le terrain.

Le dispositif comprend alors des moyens pour commuter les alarmes d'évitement transversal et d'évitement vertical, quand la situation de l'aéronef évolue. En effet, les alarmes fournies par des dispositifs de ce type 20 sont typiquement maintenues tant que la situation de danger de collision n'est pas résolue.

Afin d'éviter les commutations intempestives, une telle commutation peut typiquement être effectuée quand la situation de l'aéronef a changé de façon significative et que la trajectoire a notablement évoluée, 25 par exemple par un changement de la pente ou du roulis ou du cap de plus de quelques degrés, typiquement de 2 à 10 degrés.

REVENDICATIONS

5 1. Dispositif embarqué d'anticollision terrain pour aéronef comprenant au moins :

- Une mémoire comportant des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
- Des moyens de traitement d'informations comportant :
 - Une entrée pour recevoir des paramètres de vol ;
 - Des premiers moyens de prédiction de trajectoire pour établir à partir desdits paramètres de vol au moins un premier profil ou une première surface de sécurité correspondant à une première trajectoire prédictive ;
 - Des premiers moyens de calcul topographique pour établir à partir desdits paramètres de vol au moins un premier profil ou une première surface topographique constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
 - Des premiers moyens de comparaison pour établir au moins une première comparaison entre ledit premier profil ou ladite première surface de sécurité et un premier profil ou une première surface topographique pour déterminer au moins un premier risque de collision de l'aéronef avec le sol ;
- Des moyens d'alarmes reliés aux dits moyens de traitement pour établir au moins un premier état de première alarme en fonction des résultats de la première comparaison,

caractérisé en ce que

30 • les moyens de traitement d'informations comportent également :

- Des seconds moyens de prédiction de trajectoire pour établir à partir des paramètres de vol un deuxième profil ou une deuxième surface de sécurité dite de sécurité

immédiate correspondant à une deuxième trajectoire prédictive ;

- Des seconds moyens de calcul pour établir à partir des paramètres de vol un deuxième profil ou une deuxième surface topographique constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
- Des seconds moyens de comparaison pour établir une seconde comparaison entre ledit deuxième profil ou ladite deuxième surface de sécurité et le deuxième profil ou la deuxième surface topographique pour déterminer un deuxième risque de collision de l'aéronef avec le sol ;
- les moyens d'alarmes peuvent établir un deuxième état dit de seconde alarme en fonction des résultats de la deuxième comparaison, différent du premier état d'alarme.

5

10

15

2. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif comprend également :

- Des moyens de traitement d'informations comportant :
 - Des troisièmes moyens de prédiction de trajectoire pour établir au moins à partir des paramètres de vol un troisième profil ou une troisième surface de sécurité correspondant à une troisième trajectoire prédictive ;
 - Des troisièmes moyens de calcul topographique pour établir au moins à partir desdits paramètres de vol un troisième profil ou une troisième surface topographique constitué à partir des données topographiques du terrain et/ou des obstacles survolés ;
 - Des troisièmes moyens de comparaison pour établir au moins une troisième comparaison entre ledit troisième profil ou ladite troisième surface de sécurité et un troisième profil ou une troisième surface topographique pour déterminer au moins un troisième risque de collision de l'aéronef avec le sol ;

20

25

30

- Des moyens d'alarmes reliés aux dits moyens de traitement pour établir au moins un état dit de pré-alarme en fonction des résultats de la troisième comparaison.

5 3. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier temps de vol de la seconde trajectoire prédictive a une durée inférieure à 3 secondes.

10 4. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première alarme est du type alarme d'évitement vertical et la seconde alarme est du type alarme d'évitement transversal, l'alarme d'évitement vertical correspondant pour le pilote à une manœuvre d'évitement vertical et l'alarme d'évitement transversal correspondant pour le pilote à une manœuvre d'évitement 15 transversal.

5 5. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première, la seconde ou la troisième surface ou profil de sécurité comprennent deux parties :

20 • une première partie correspondant à un premier temps de vol (T_1), fonction d'une prédition de la trajectoire en cours calculée à partir d'une origine (O) prise sous l'aéronef ;
 • une seconde partie correspondant à un second temps de vol (T_2) succédant au premier temps de vol, fonction d'une prédition d'une trajectoire d'évitement vertical.
25

6. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 5, caractérisé en ce que les paramètres définissant la première partie de la trajectoire ou la seconde partie de la trajectoire de la surface de sécurité 30 immédiate peuvent être sensiblement différents des paramètres définissant les autres surfaces de sécurité.

7. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première, la seconde 35 ou la troisième surface ou profil de sécurité sont bornées latéralement par

une limites gauche et une limites droite , lesdites limites étant définies essentiellement par une marge latérale et au moins un angle d'ouverture latéral gauche et au moins un angle d'ouverture latéral droit.

5 8. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 7, caractérisé en ce que les marges latérales ou les angles d'ouverture latéraux droit et gauche des limite de la surface ou du profil de sécurité immédiate sont sensiblement différents des marges latérales ou des angles d'ouverture latéraux droit et gauche des limites des autres surfaces prédictes.

10

9. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que au moins un des premiers moyens de comparaison ou des seconds moyens de comparaison comportent un indicateur de criticité du risque de collision avec le terrain.

15

10. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'indicateur de criticité dépend de la surface ou du profil de terrain située au dessus de la première ou de la seconde ou de la troisième surface ou profil de sécurité.

20

11. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'indicateur de criticité dépend de la surface ou du profil de terrain et de la hauteur de terrain situées au dessus de la première ou de la seconde ou de la troisième surface ou profil de sécurité.

25

12. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les alarmes sont de type sonore ou visuelle.

30

13. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de traitement d'informations comportent des moyens de gestion d'alarmes en fonction de l'évolution des risques de collision avec le terrain.

35

14. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens de gestion d'alarme comprennent des dispositifs de commutation des alarmes d'évitement transversal et d'évitement vertical.

5.

15. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 14, caractérisé en ce que la commutation est effectuée quand la trajectoire de l'aéronef a notablement évoluée.

10

16. Dispositif embarqué d'anticollision terrain selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'évolution de la trajectoire de l'aéronef est un changement de la pente ou du roulis ou du cap de plus de quelques degrés.

15

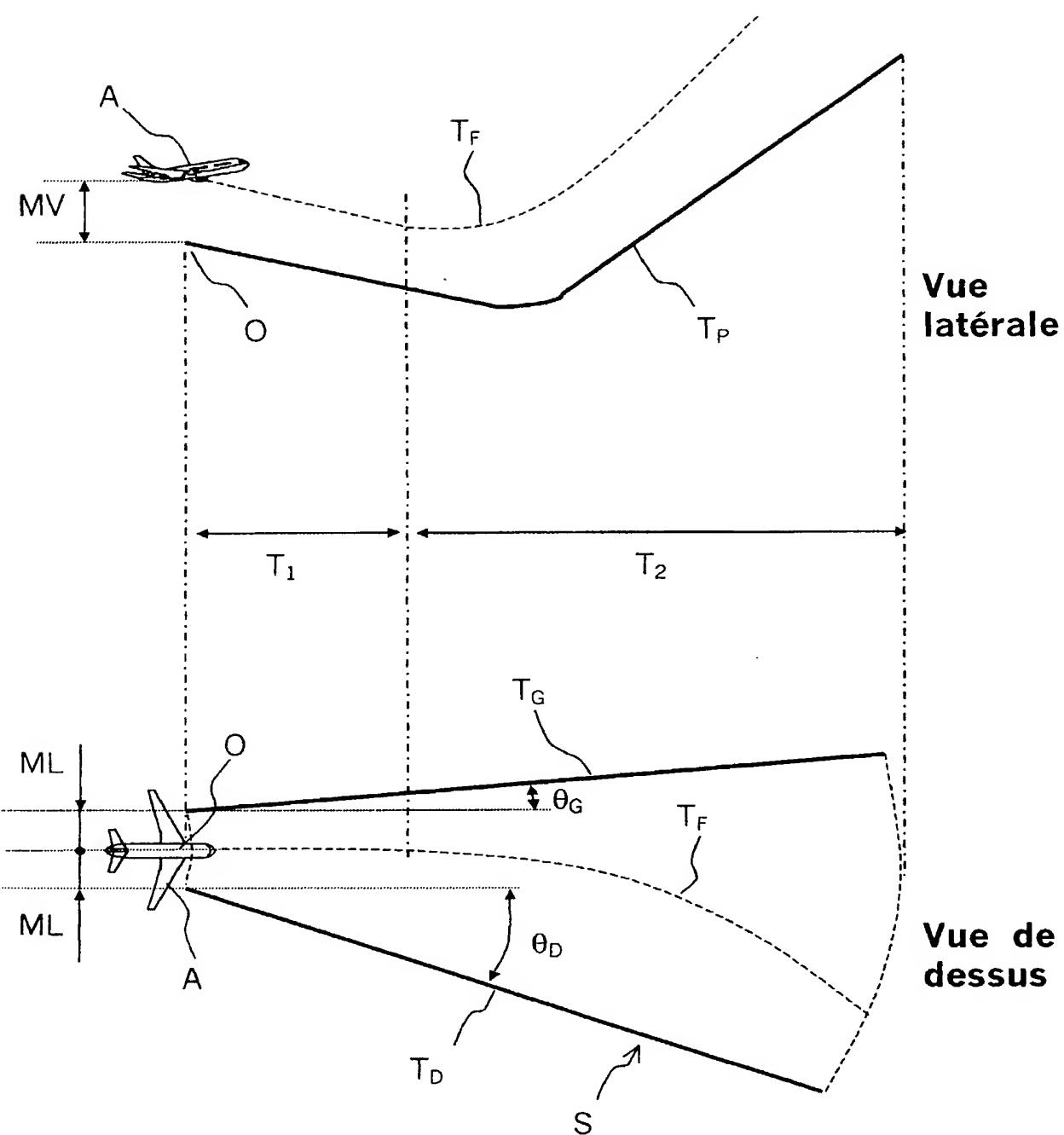


FIG.1

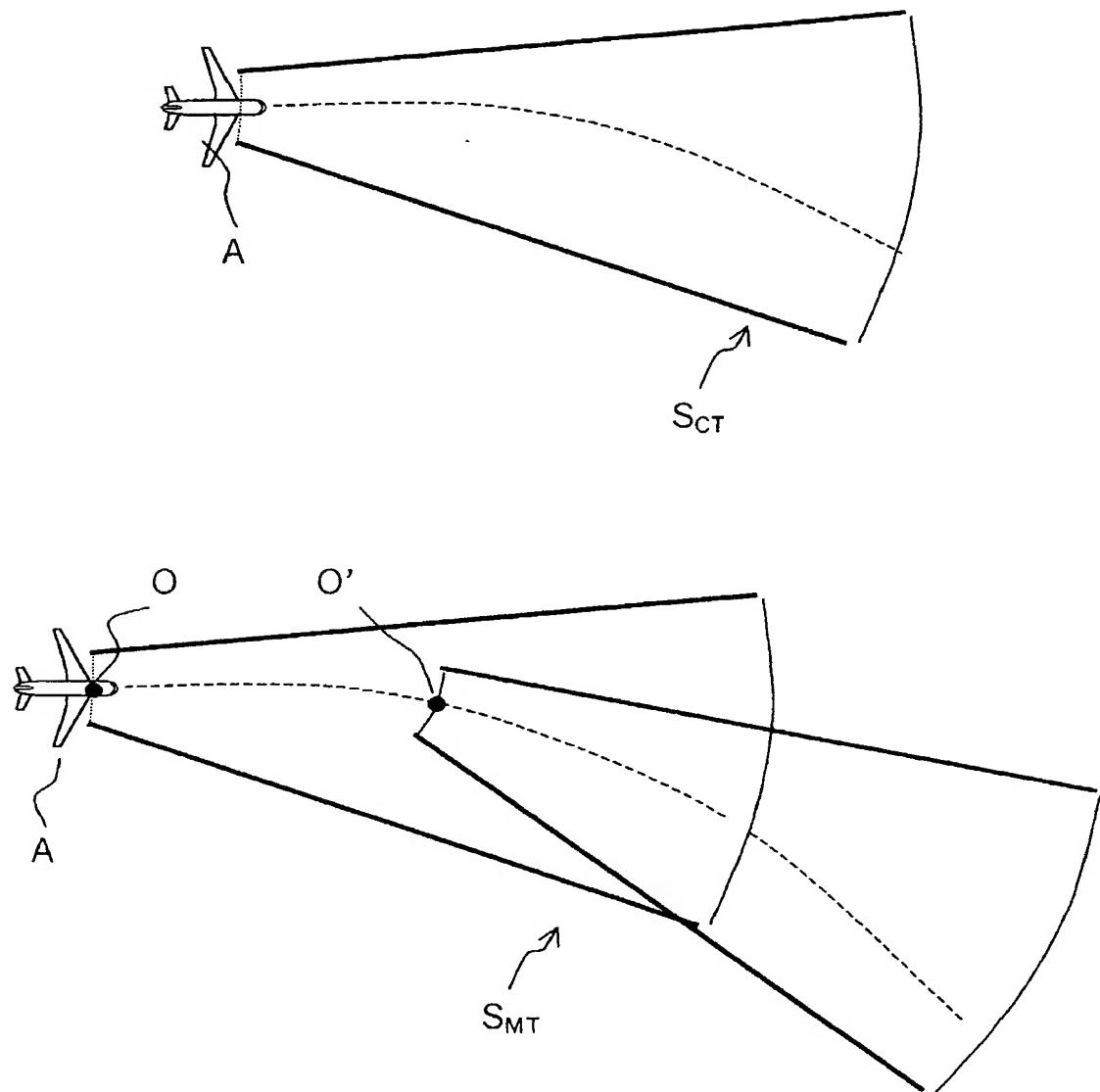


FIG.2

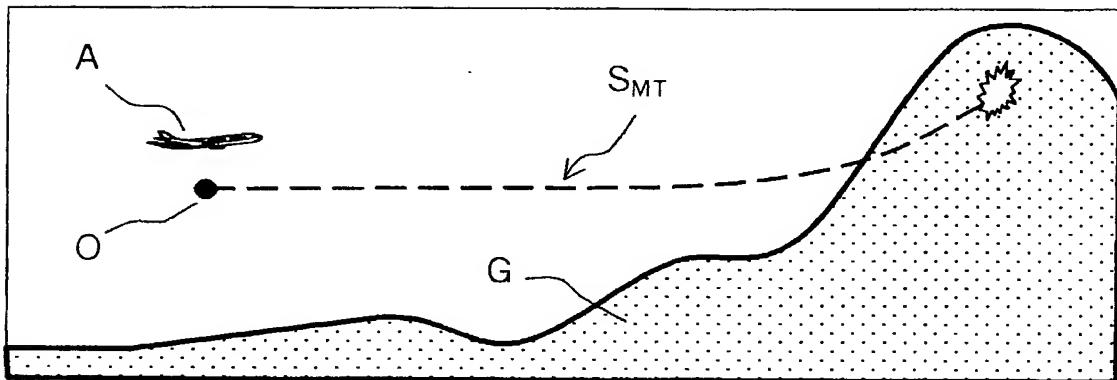


FIG.3

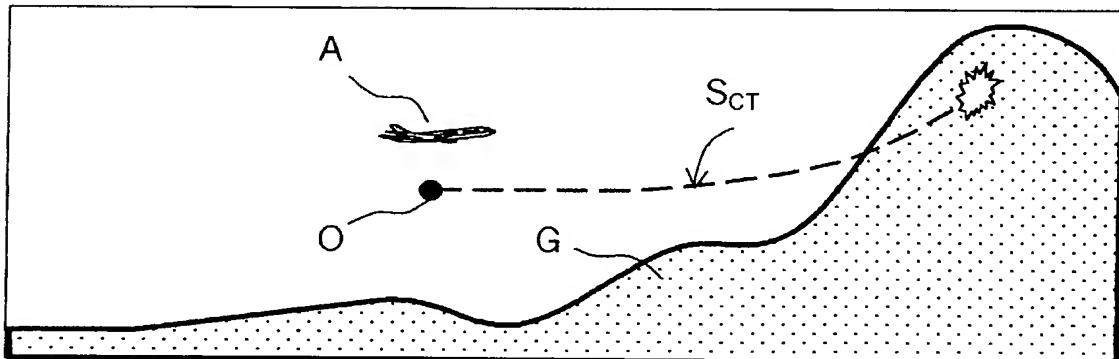


FIG.4

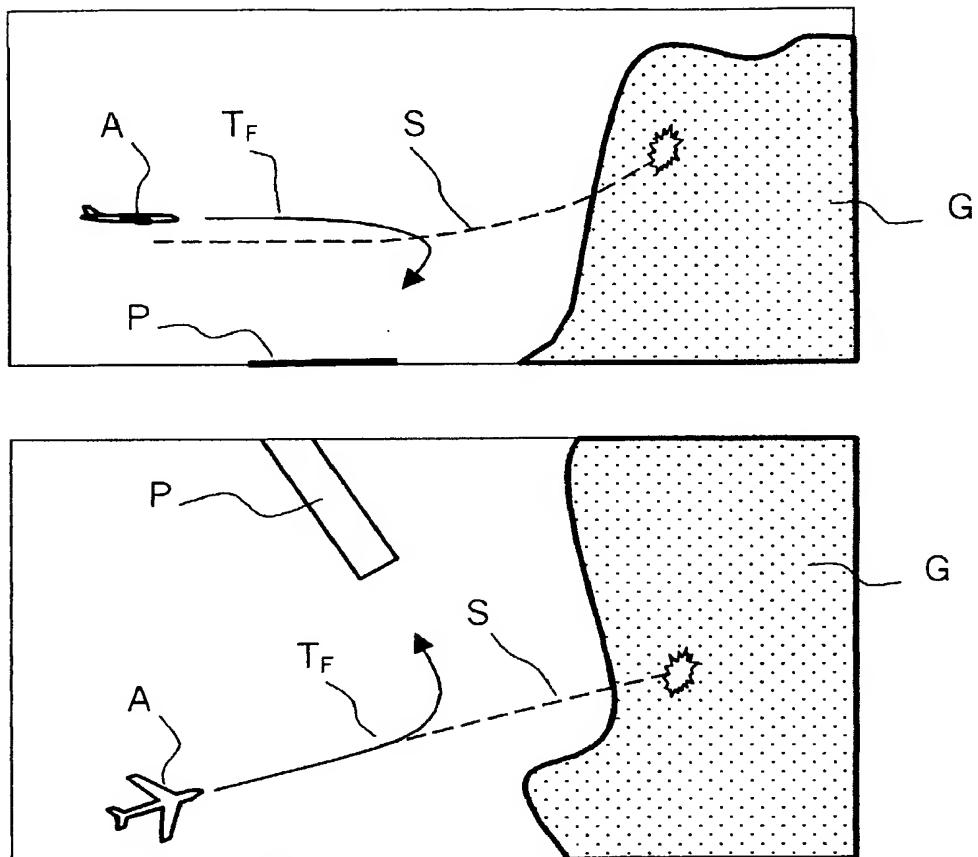


FIG.5

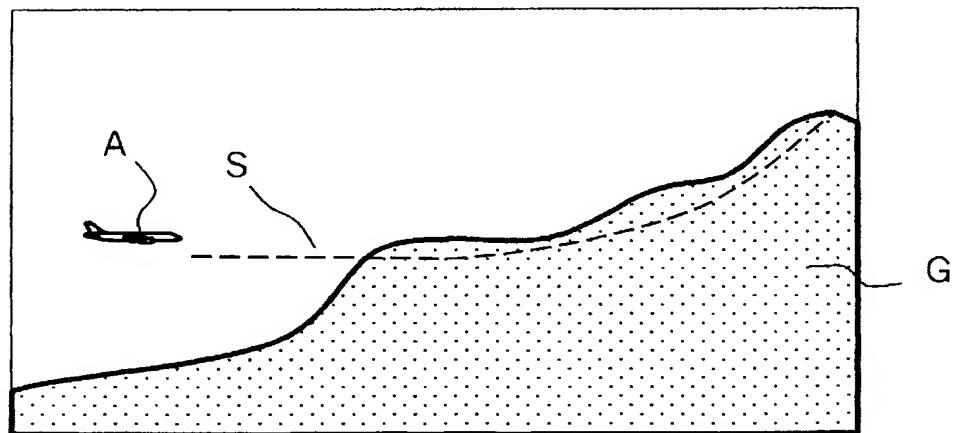


FIG.6

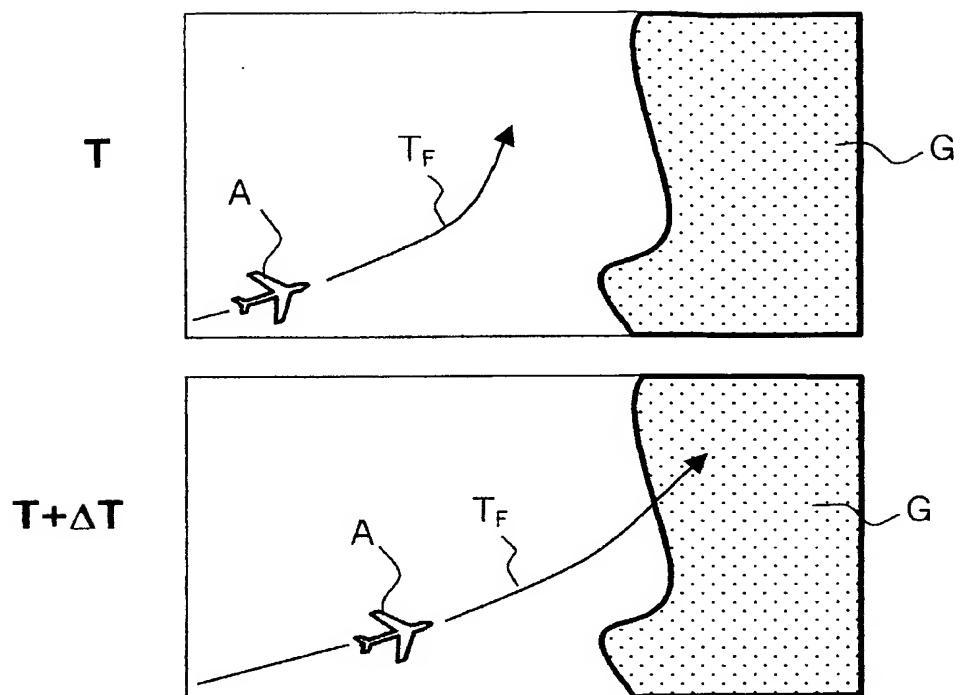


FIG.7

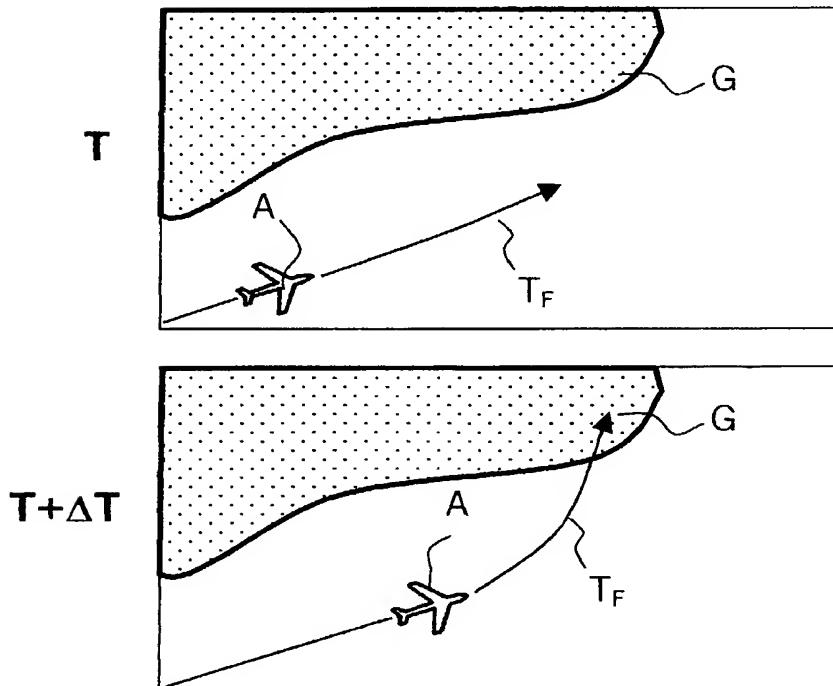


FIG.8

6/6

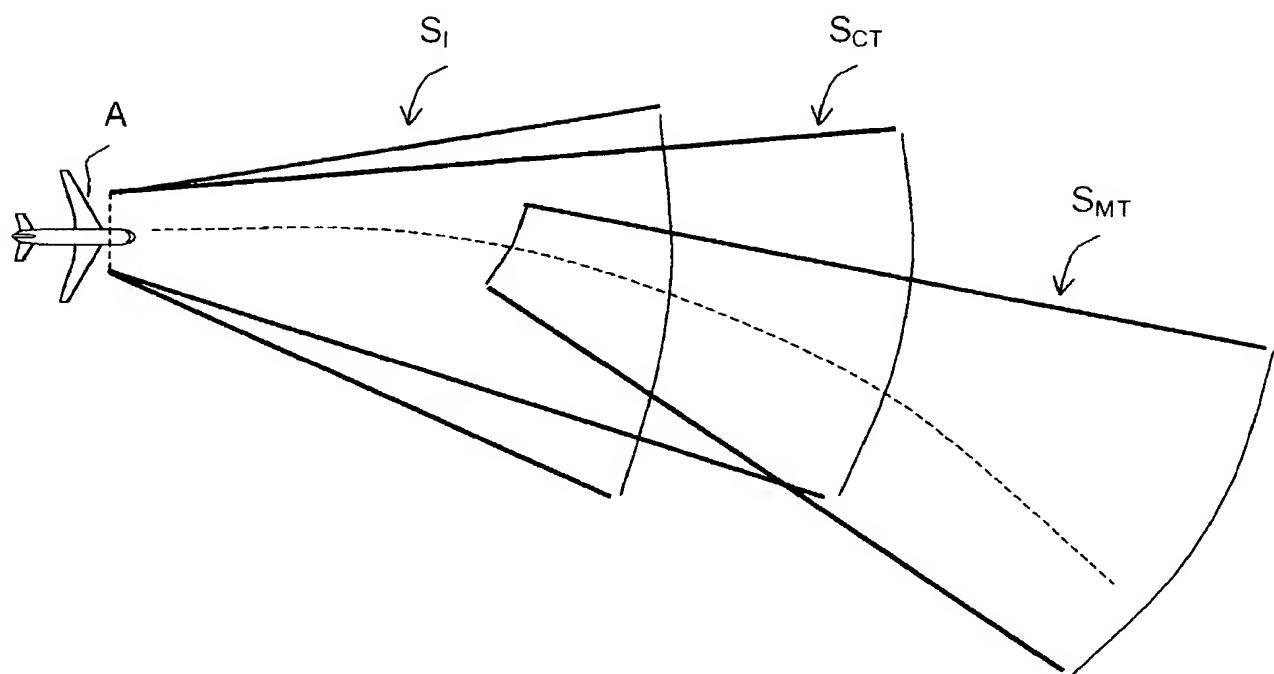


FIG.9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/053325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G05D1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 892 462 A (TRAN MY) 6 April 1999 (1999-04-06) column 8 - column 12; figures 7-10 -----	1-16
A	US 6 480 120 B1 (MEUNIER HUGUES) 12 November 2002 (2002-11-12) the whole document -----	1, 2, 4
A	US 5 442 556 A (BOYES JONATHAN D ET AL) 15 August 1995 (1995-08-15) the whole document -----	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- °A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- °E° earlier document but published on or after the international filing date
- °L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- °O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- °P° document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- °T° later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- °X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- °Y° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- °&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 March 2005

Date of mailing of the international search report

04/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Philippot, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053325

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 5892462	A	06-04-1999	US	2004007255 A1		15-01-2004
			DE	69606804 D1		06-04-2000
			DE	69606804 T2		15-06-2000
			EP	0750238 A1		27-12-1996
<hr/>						
US 6480120	B1	12-11-2002	FR	2747492 A1		17-10-1997
			AT	203840 T		15-08-2001
			CA	2202677 A1		15-10-1997
			DE	69705885 D1		06-09-2001
			DE	69705885 T2		10-01-2002
			EP	0802469 A1		22-10-1997
			ES	2160901 T3		16-11-2001
			JP	10035594 A		10-02-1998
<hr/>						
US 5442556	A	15-08-1995	DE	69216766 D1		27-02-1997
			DE	69216766 T2		14-08-1997
			EP	0540703 A1		12-05-1993
			ES	2096756 T3		16-03-1997
			WO	9221077 A1		26-11-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/EP2004/053325

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G05D1/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G05D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 892 462 A (TRAN MY) 6 avril 1999 (1999-04-06) colonne 8 – colonne 12; figures 7-10 -----	1-16
A	US 6 480 120 B1 (MEUNIER HUGUES) 12 novembre 2002 (2002-11-12) le document en entier -----	1, 2, 4
A	US 5 442 556 A (BOYES JONATHAN D ET AL) 15 août 1995 (1995-08-15) le document en entier -----	1

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (elle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Philippot, B

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No
Pct/EP2004/053325

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 5892462	A	06-04-1999	US DE DE EP	2004007255 A1 69606804 D1 69606804 T2 0750238 A1		15-01-2004 06-04-2000 15-06-2000 27-12-1996
US 6480120	B1	12-11-2002	FR AT CA DE DE EP ES JP	2747492 A1 203840 T 2202677 A1 69705885 D1 69705885 T2 0802469 A1 2160901 T3 10035594 A		17-10-1997 15-08-2001 15-10-1997 06-09-2001 10-01-2002 22-10-1997 16-11-2001 10-02-1998
US 5442556	A	15-08-1995	DE DE EP ES WO	69216766 D1 69216766 T2 0540703 A1 2096756 T3 9221077 A1		27-02-1997 14-08-1997 12-05-1993 16-03-1997 26-11-1992